

LA MINERÍA DEL CARBÓN. USOS MEDIOAMBIENTALES PARA EL CARBÓN DE LA CUENCA DE MEQUINENZA. TRABAJOS DE LABORATORIO

Josep M. **MATA – PERELLÓ** (1), Ferran **CLIMENT COSTA** (2) y
Ramon **GRAU GIRONA** (3)

(1) UPC. Campus de Manresa. mata@emrn.upc.edu

(2) UPC. Campus de Manresa fcliment@geosei.com

(3) IES MATARÓ

RESUMEN

En esta comunicación se presentan los resultados de los análisis realizados sobre los carbones extraídos en una investigación de campo realizada en la *Cuenca Lignitífera de Mequinenza*, en especial en el sector de la misma situada en los municipios catalanes (Almatret, la Granja d'Escarp y Serós).

El objetivo de esta investigación sobre los posibles usos del carbón (en este caso del de la cuenca de Mequinenza), para su posible uso como barrera para el avance de la contaminación medioambiental.

En esta investigación, tras la realización de los trabajos de campo, se procedió al estudio en el laboratorio de las muestras extraídas en el campo. Estos estudios de laboratorio se han centrado en la posible utilización de los carbones como excelentes adsorventes de los metales pesados procedentes de diferentes industrias.

Asimismo se han analizado las posibilidades de estos carbones para ser utilizados como carbono activo.

PALABRAS CLAVÉ. carbón, medioambiente, minería

1. PRESENTACIÓN

El presente trabajo se ha centrado en el estudio de las posibles aplicaciones de los lignitos de la Cuenca de Mequinenza.

Así, se ha realizado en el laboratorio el análisis de las siguientes propiedades físico-químicas: capacidad calorífica, porcentaje de extracto húmico total, porcentaje de carbono, porcentaje de ácidos húmicos, aplicaciones de los carbones húmicos en las purinas y la radioactividad (cps), para todas las muestras recogidas.

A partir de aquí se han extraído las conclusiones concretas para los diferentes objetivos del presente informe: aplicación de los carbones húmicos para la obtención de carbón activo, estudio del tratamiento de purinas a partir de los materiales húmicos, estudio de adsorción de complejos salinos y aplicación de los carbones húmicos al tratamiento de los olores industriales.

2. INTRODUCCIÓN

Después de realizar los análisis, además, se ha visto como en algunos sectores se podría plantear la apertura de nuevas minas o bien ampliar la producción en las ya existentes, debido a las buenas perspectivas en algunos de los resultados obtenidos. Tal como se explicará más adelante, históricamente entre los mineros que han explotado la zona ha habido una variabilidad con respecto a la nomenclatura utilizada para designar los diferentes niveles o paquetes de carbones en la cuenca de Mequinenza. Eso, dificulta la interpretación de los resultados.

A pesar de todo se ha podido establecer una correspondencia entre términos de las diferentes fuentes consultadas y finalmente se ha acabado utilizando la nomenclatura propuesta por ADARO (1976), utilizada sobradamente en la principal empresa productora de la zona. La cartografía de los niveles más importantes con carbones, dentro de la cuenca de Mequinenza, se ha hecho en el campo a escala 1:5000. Esta precisión contrasta con la de los mapas geológicos y topográficos de la Generalitat utilizados de base, hechos a escala 1:50.000.

3. ANÁLISIS DE LOS CARBONES PARA SU USO EN EL TRATAMIENTO DE LA CONTAMINACIÓN SALINA

3.1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El presente trabajo pretende poner en evidencia la capacidad de retención de cloruros que presentan diferentes tipos de carbones, con alto contenido en ácidos húmicos, con el fin de poder aplicar esta propiedad en el tratamiento de vertidos salinos. Por otra parte, y en relación en el estudio de nuevas vías de aprovechamiento de los carbones de la Cuenca de Mequinenza, el trabajo abre una vía de producción de carbones activos a partir del estudio de las características y de la comparativa de los carbones de la Cuenca con carbones activos comerciales.

En la primera parte del trabajo se realizan unas analíticas que permiten caracterizar el contenido con ácidos húmicos de los carbones y posteriormente se realizan una serie de experimentos para estudiar la viabilidad de formar complejos estables. En el presente análisis se han caracterizado las muestras de carbones objeto de análisis en este trabajo. Los parámetros que se han estudiado en cada muestra son los siguientes:

1. Capacidad calorífica,
2. Porcentaje de extracto húmico total,
3. Porcentaje de carbono,
4. Porcentaje de ácidos húmicos y
5. Radioactividad (cps).

Para realizar estas analíticas se sigue el protocolo previsto en el Real Decreto 1110/1991 de 12 de julio por lo que se aprueban los métodos oficiales de análisis de productos orgánicos fertilizantes y afines(BOE n.170 de 17/7/1991).

A partir de los datos obtenidos se han propuesto métodos para obtener diferentes productos o resultados a partir de los carbones como

- Adsorción de complejos salinos
- Aplicación de los carbones húmicos en las purinas
- Método de obtención de carbones activos a partir de los carbones de Mequinenza (se presentan los resultados obtenidos en comparación con el carbón activo)
- Tratamiento de olores industriales con materiales húmicos
- Tratamiento de residuos que contienen metales pesados.

Para obtener los resultados por los estudios que se pretenden llevar a cabo para este trabajo hace falta realizar los análisis para obtener los diferentes parámetros que tienen que permitir valorar la capacidad de los carbones para ser aptos para los diferentes objetivos propuestos.

La capacidad de adsorción de los materiales húmicos viene condicionada por la estructura polihidroxifenólica de estos ácidos húmicos y fúlvicos. El estudio de adsorción se centra en el estudio de adsorción de complejos salinos

3.2 TRATAMIENTO BASE DE LAS MUESTRAS

Elaboración y valoración del extracto húmico

Todas las muestras son sometidas a una extracción alcalina para obtener el extracto húmico total y posteriormente se precipita en este extracto los ácidos húmicos a pH de 1. Tanto en el extracto húmico como en el precipitado se determina el carbón orgánico. Inicialmente desecamos la muestra durante 24 horas en una estufa normal, pulverizando a continuación la muestra hasta obtener un polvo homogéneo y fino.

Posteriormente pesamos con precisión de 0,1 mg aprox. 1gr de muestra. Esta muestra se pone en contacto con 100 ml de solución extractando de pirofosfato de sodio/hidróxido de sodio, agitada de forma constante y centrifugado en 4500 rpm durante 25 minutos. Esta operación se ha repetido hasta que el líquido extractor es claro. Todos los extractos se acumulan en un matraz aforado de 1 litro y se afora en agua destilada. Esta solución es el extracto húmico.

Valoración del carbono orgánico del extracto húmico

Tomamos 50 ml del extracto en un vaso de precipitados, evaporamos en el baño de agua hasta sequedad. Añadimos 10 ml de solución de $K_2Cr_2O_7$ y a continuación 20 ml de ácido sulfúrico concentrado agitando durante un minuto y dejando reponer durante 30 minutos. Posteriormente añadimos 200 ml de agua destilada y 10 ml de H_3PO_4 . Añadimos 1 ml de difenilamina y valoramos con sal de Mohr. Expresamos el porcentaje de carbono como:

- Porcentaje de carbono $\%C = ((V-V').N.F.0.39)/P$
- Porcentaje de extracto húmico total = porcentaje de carbono x 1.724

Precipitación de los ácidos húmicos y valoración

Tomamos 200 ml de la solución de extracto húmico y añadimos ácido sulfúrico 1:1 hasta pH 1 dejando reponer durante 8 horas. Posteriormente centrifugamos en 4500 rpm durante 25 minutos por separar el precipitado de los ácidos húmicos. Se lava el precipitado con NaOH 0.5M llevando el líquido de lavado en un matraz aforado de 50 ml. Enrasando en agua destilada. Esta disolución se denomina solución de ácidos húmicos. Con el fin de determinar el porcentaje de carbono se sigue el procedimiento anterior de valoración con $K_2Cr_2O_7$.

- Porcentaje de carbono $\%C = ((V-V').N.F.0.39)/P$
- Porcentaje de ácidos húmicos = porcentaje de carbono x 1.724

Valoración de los cloruros

Los cloruros se valoran por el método de Mohr. Con nitrato de plata 0.1M como valorando y cromado de potasio 5% como indicador. Se utilizan alícuotas de 20 ml en el erlenmeier de agua salinizada tratada. El punto final de la valoración ocurre cuando se ha formado el cromado de plata.

Todas las muestras una vez han llegado al laboratorio se han etiquetado y dispuesto en nuevas bolsas para proceder a clasificarlas. Las muestras, dado su estado de explotación actual,

las muestras se han referenciado, a más de con el GPS, en relación en la capa de donde se han extraído

3.3 CAPACIDAD CALORIMETRICA

Los carbones de Mequinenza presentan en todo el abanico de muestras unas capacidades caloríficas inferiores al 14200 kJ/kg de carbón. Este motivo viene dado básicamente por la humedad y la integración de diferentes componentes como el azufre y de otros minerales en las muestras.

El contenido de azufre en las muestras es también variable, adoptando valores elevado en los carbones de Mequinenza (Grupo 2), observándose eflorescencias del azufre en la parte exterior de las muestras. Este hecho de tener el azufre que inicialmente es un problema a la hora de tratar los carbones por incineración, puede ser una ventaja en el caso de los tratamientos para activar un carbón. Los métodos de activación sueño básicamente dos; con hidróxido de potasio y con ácido sulfúrico.

Se pretende dar en el carbón finamente pulverizado una abrasión química y aumentar de éste manera la superficie específica de adsorción. Será en esta superficie específica donde tendrá lugar la fijación de los diferentes elementos orgánicos mediante fuerzas de tipología electrostática. Los carbones tienen la capacidad de generar SO_3 , de forma que a partir de los 550°C se establece la oxidación del azufre y una corriente de gas que recorre todo el carbón pulverizado desde la base. Esta atmósfera oxidante, produce la abrasión de la superficie y favorece la activación.

El exceso de azufre puede ser tratado con hidróxido de calcio en la salida de forma que no genere problemas ambientales. La capacidad de abrasión de los carbones humedecidos de Mequinenza, se ve aumentada con un tratamiento térmico y permite propiedades de estos carbones comparables al propio carbón activo.

Las muestras de Grupo 1 contienen un grado de oxidación elevado originado básicamente por la presencia de más capacidad de combustión. Este hecho se observa en el tratamiento térmico del carbón en 550°C y su correspondiente reducción del volumen del carbón. Las muestras mes humedecidas, tienen un grado de oxidación menor y conservan el volumen en el tratamiento térmico.

Según las características químicas observadas en las diferentes muestras se observa presencia de azufre y diferentes materiales asociados como sulfatos de sodio y en el caso de Calaf dióxido de uranio asociado a la materia orgánica. Las muestras presentan también diferencias a nivel de inmadurez, que se traducen en estructuras compactas o estructuras más bien deshechas, sin cohesión.

3.4 MEDIDA DE LA RADIOACTIVIDAD. TIPOLOGÍA Y RECOGIDA DE MUESTRAS

Todas las muestras se han extraído directamente de las capas a las que pertenecen, referenciadas en el apartado de geología. Una vez caracterizadas, se han introducido en bolsas de plástico, etiquetadas y conducidas en laboratorio para ser tratada. Con el fin de hacer el tratamiento de las muestras, en primer lugar se han triturado con mortero de porcelana para poder disponer de la muestra en polvo. Posteriormente se han depositado en estufa de desecación 24 horas en 100°C con el fin de extraer la humedad y trabajar en la pesada con ausencia de agua.

Las muestras de la cuenca de Mequinenza se han extraído directamente de mina en explotación, mina clausurada, pero también de afloramiento en algunos casos. El grado de alteración para procesos atmosféricos es muy menor en las muestras de interior que en las de

exterior. Bajo la supervisión de los técnicos correspondientes, las muestras se han introducido en bolsas de plástico y se han llevado al laboratorio para su estudio (Tabla VIII).

3.5 ADSORCIÓN DE COMPLEJOS SALINOS

3.5.1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El objetivo de esta parte del trabajo consiste al evaluar la capacidad de adsorber los cloruros por parte de los carbones teniendo en cuenta la formación de un complejo de hierro (II). Es disponer de una elevada concentración de cloruros de forma que en contacto con el ion hierro (II) El hierro (II) conforma un complejo con el cloruro, de carga negativa que a su vez permite ser complejoado por el material húmico. El trabajo permitirá poner en evidencia el grado de este complejo estable. Una vez esté fijado el complejo en el carbón, éste se podrá retirar por filtración.

Con el fin de evaluar esta capacidad, se tratarán 50 ml de disolución de cloruro de sodio de una concentración de 2 gramos/litro con sulfato de hierro (II). Los vasos de precipitados con las muestras se depositan en un banco de imanes y se llevan a disolución. El motivo es conseguir la formación del complejo de hierro con el cloruro de la disolución. En este punto del procedimiento, añadimos los carbones y evaluamos la captación del complejo por parte del material húmico.

Los carbones se pulverizan finamente con el fin de presentar la mayor superficie específica. Posteriormente se filtrará la disolución y se evaluará el contenido de cloruro con el método de Mohr. A priori y por estudios hechos anteriormente los materiales húmicos captan los complejos clorurados.

3.5.2 PROCEDIMIENTO ANALÍTICO

1 - Preparación de una disolución de 2 gr/l de Cloruro de sodio. Inicialmente se prepara una disolución de 2 gramos/litros de cloruro de sodio en agua milipore de calidad analítica. El objeto de esta preparación es disponer de una fuente de cloruros de alta concentración.

En la disolución no se dispone de ningún catión ni anión que pueda interferir la medida del cloruro. Se pesan dos gramos de cloruro de sodio de calidad reactivo analítico y se disuelven primero en un vaso de precipitados y posteriormente en un aforado de un litro. A partir de este aforado se tomarán alícuotas que se pondrán en contacto con los carbones.

2 - 50 ml de la disolución anterior, medida en pipeta aforada, se depositan en un vaso de precipitados y se añade unos 0.1 gramos de sulfato de hierro (II). Este sulfato de hierro (II) ha sido medido con la precisión de la centésima. La disolución adquiere una tonalidad verde correspondiente a la disolución de la sal y a la formación del complejo.

3 - Las disoluciones se colocan en un banco de agitación magnética se mantienen 30 minutos.

4 - En este punto se añaden 1 gramo de carbón. En este punto se observa una diferencia con los carbones de alto contenido húmico (disoluciones parciales de ácidos húmicos que tiñen las disoluciones) y carbones con bajo contenido de materiales húmicos, en los cuales se observa una precipitación de los materiales.

5 - Se filtra la disolución utilizando un embudo Büchner separando los carbones de las disoluciones.

6 - Se valora el cloruro por el método de Mohr. En la bureta se dispone de nitrato de plata 0.1 M. En el erlenmeier se dispone el indicador cromado de potasio en una concentración del 5%. Finalmente valoramos 20 ml aforados con pipeta y agitados de forma magnética.

3.5.4 CONCLUSIONES

En terms generales se ha producido captación del cloruro por parte de los ácidos húmicos pero en cantidad mucho pequeñas que en el estado del trabajo pensamos que no se aplicable a la problemática de las salmueras de Sallent.

El trabajo pone de manifiesto la capacidad de carbones ricos en ácidos húmicos de captar el complejo del Fe (II) con el cloruro. Los volúmenes trabajados (50 ml) así como las cantidades de sulfato de hierro (II) y el gramo de carbón utilizado indicarían un contenido de barros por cada litro elevado, de la orden de 25 gramos por litro de disolución salina tratada.

Por otra parte, pensamos que abierta esta vía de formación de complejos estables, habría que profundizar en la utilización de éste carbones en procesos naturales de salinización de menores dimensiones.

4. UTILIZACIÓN DE LOS CARBONES HÚMICOS PARA LA OBTENCIÓN DE CARBÓN ACTIVO

4.1 OBJETIVOS

El objetivo del trabajo es el de abrir nuevas vías en la utilización de los carbones, en concreto de la cuenca de Mequinenza. La producción de estos carbones va fundamentalmente dirigida para la obtención de energía. Con respecto a la calidad del carbón producido, el poder calorífico medio es del orden de las 4.000 cal/Kg.; el contenido en azufre medio es elevado, del orden del 7 al 10%; el contenido en cenizas es del 15 al 20%; el contenido medio en volátiles es del 40% y el del carbón fijo se encuentra entre el 30 y el 35%.

El contenido en azufre ha penalizado los usos de estos carbones, debido al necesario endurecimiento de las normas medioambientales. Inicialmente el azufre se encuentra en fases orgánicas (asociado a la materia orgánica de la que procede el lignito) y en fases inorgánicas (en forma de sulfuros). Secundariamente se encuentra en forma de sulfatos. Estas circunstancias, inherentes al propio hecho constitutivo de este carbón, hacen que este azufre no pueda ser eliminado en lavaderos.

Sin embargo, los métodos de desulfuración mediante carbonato cálcico que este carbón lleva implícito en sus estériles, permiten, en todos los casos, eliminar el contenido en azufre emitido a la atmósfera. Aun así, este contenido en azufre, que se puede considerar como nocivo para la utilización de los lignitos en las Centrales Térmicas convencionales, y que requiere pasar por procesos de desulfuración, en cambio facilita el procesos de fabricación de carbón activo a partir de estos carbones. En efecto, este azufre favorece la creación de condiciones ácidas, y éstas aceleran los procesos de fabricación del carbón activo.

Eso, en especial se ve acelerado cuando aumenta la cantidad del azufre orgánico, del que forma complejos con lo carbono de los lignitos. Los carbones de la cuenca de Mequinenza contienen una cantidad importante de azufre en su composición, motivo por el cual ofrece dificultades a la hora de ser combustionado. Este punto que es un inconveniente medioambiental con este tipo de carbones, se podría aprovechar para extraer una ventaja de tipo comercial importante.

La generación de carbones activos. A partir de determinados carbones que en la actualidad se están extrayendo, sería posible a partir de una transformación, obtener carbón

activo. Si tenemos presente el precio del carbón activo en el mercado (25€36€/kg) y las operaciones unitarias que calan para obtener este producto, vale la pena intentar un estudio en más profundización sobre el tema.

Por otra parte el carbón activo es un producto con cada vez más utilidad en el área del medio ambiente (aguas residuales, olores Industriales., filtros atmosféricos, incineradoras, depuradoras, potabilizadores...). En este trabajo se ha partido de base de los carbones de Mequinenza y a partir de determinados procesos se ha comparado su utilización con un carbón activo industrial y valorado con Azul de metileno como referente de absorción por tiempo y efectividad.

4.2 INTRODUCCIÓN

El carbón activo es un tipo de material orgánico de base carbono que se caracteriza por tener una elevada superficie específica. Esta superficie permite la interacción física de determinados componentes presentes en la disolución (básicamente orgánicos, de gran peso molecular, etc.) y la fijación sobre el material carbonoso. La fijación permite la retirada del componente y el tratamiento de la disolución. ¿Pero cómo se origina esta superficie de interacción del carbón activo? Hay diferentes métodos.

Uno de ellos se basa en la abrasión química de la superficie del carbón por un agente ácido o de otros básicos. En nuestro caso la posibilidad de disponer carbones con un contenido elevado de azufre y en determinados niveles, con alto contenido en ácidos húmicos, permite realizar este procedimiento de activación.

En el laboratorio los carbones se han pulverizado en un mortero de porcelana y posteriormente se han depositado en un recipiente de porcelana. Con el fin de evitar en las máximas posibilidades la oxidación del aire, la superficie del carbón, se ha recubierto con arena (óxido de silicio) y una capa de sulfito de sodio para captar el oxígeno del horno y pasar a sulfato.

En estas condiciones el material de porcelana con el carbón se ha depositado en el horno en 550°C durante unos 15 minutos (Fig. 25). Posteriormente, se ha esperado en la curva de bajada de temperatura hasta temperatura ambiente. Finalmente se ha separado del depósito de porcelana el carbón, ya activado, preparado por el tratamiento. La sustancia para probar la capacidad de activación del carbón es el Azul de metileno. Pequeñas cantidades de carbón activo sobre una disolución de azul de metileno, son suficientes para observar los fenómenos de la adsorción.

Sería muy interesante por la propia industria extractiva del carbón y por las entidades públicas, trabajar e investigar en la línea del tratamiento de adsorción en el sentido de dar más vías de salida en esta industria que afecta en lugares importantes en Cataluña.

4.3 MÉTODO Y PROCEDIMIENTOS

El método de trabajo se basa en dos partes ya referenciadas.

Activar el carbón de la cuenca de Mequinenza

En esta cuenca nos encontramos básicamente con dos tipos de carbones, todos ellos con contenidos importantes de azufre y otros minerales comunes en estos materiales. Son carbones con un poder calorífico que los hace susceptibles de ser utilizado como materiales de combustible en centrales térmicas: carbones del Grupo 1. Este tipo de carbones se caracterizan por un color negro vivo, aspecto compactado y una cierta consistencia al tomar la muestra. En muchas de las muestras se encuentra azufre con su característico color amarillo. Este tipo de carbón, convenientemente pulverizado al ser introducido en el horno, reduce su volumen de

forma ostensible, aparte de emitir emisiones de SO_2 y de compuestos orgánicos procedentes de combustión.

En este caso después del tratamiento en el horno, ponemos una cierta cantidad (0,1gr) en contacto con 5 ml de disolución de azul de metileno para observar la capacidad de adsorción. De la misma manera, procedemos con la muestra, procedente de la Cuenca de Mequinenza, con uno alto contenido de azufre y que presenta un aspecto consistente con resplandor negro con partículas amarillas correspondientes en el azufre. Una cantidad de 0,1gr de carbón activado se pone en contacto con la disolución y se espera la evolución del resultado.

Un segundo grupo de carbones (Grupo 2) lo constituyen un tipo de carbón más inmaduro, no tiene prácticamente consistencia, se fractura con la mano incluso presenta carbonatos o sulfatos en superficie. Con todo no es ésta la característica más importante. El punto más importante es el contenido de materiales húmicos presentes en su estructura. En este caso, pulverizamos el material y procedemos idénticamente como los casos anteriores a efectos de temperatura y de reacción con el azul de metileno.

Como representantes de los dos grupos de carbones (recordamos que el primero tiene un subgrupo con fuerte presencia de azufre), comparamos la adsorción de azul de metileno con un patrón de carbón activo.

Reactividad en frente al azul de metileno

Inicialmente 0,1gr de Azul de metileno se disuelven en 50 ml de agua milQ de milipore, provocando un color azul intenso típico de este indicador. En diferentes tubos como éste vamos disponiendo cantidades fijas de los diferentes carbones activados junto con un tubo de control que nos indica la acción del carbón activo. En 1 hora (aprox.), los tubos que contienen carbones del tipo que hemos nombrado Grupo 2 y del subgrupo del azufre (del Grupo 1) muestran ya este aspecto.

Los carbones con un contenido elevado de ácidos húmicos mantienen en buena parte un % elevado el volumen original (reducciones del 10-15%) en contraposición en los carbones del Grupo 1.

4.4 CONCLUSIONEES

En primer lugar los carbones que actualmente se están explotando en la cuenca de Mequinenza tienen la posibilidad, a partir de un sencillo tratamiento, de ser utilizado como carbón activo. Éste hecho puede producir una abertura de nuevos mercados a precios que no tienen nada que ver con el precio al cual se paga el carbón que actualmente se trabaja en la cuenca. El mercado, tal como hoy se puede consultar a la red, mantiene precios por kilogramo de carbón activo que oscila entre 20 y 36 €

Estos precios pueden dejar suficiente margen en esta industria para incidir en este mercado. Por otra parte la demanda de carbón activo va en aumento debido principalmente a las exigencias en el tratamiento de residuos que impongan las normativas ambientales (aguas de proceso industriales, olores industriales, tratamiento de vertidos y lixiviados, potabilización, filtros atmosféricos....) en todos estos procesos se utiliza el carbón activo. Por otra parte la buena respuesta de materiales como los carbones correspondiendo al Grupo 2 puede incidir en la apertura de nuevas minas en la concesión.

Es interesante tener presente la posibilidad de estudiar otras temperaturas de activación para evitar la variación de volumen de los carbones de alto poder calorífico, dado que en 500°C se produce

CONCLUSIONES GENERALES

A partir de los datos obtenidos en este estudio se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- 1- A nivel analítico se han analizado una serie de propiedades de los carbones que han servido para valorar la capacidad de éstos para obtener buenos resultados en los objetivos propuestos. Las propiedades analizadas han sido: capacidad calorífica; porcentaje de extracto húmico total; porcentaje de carbono; porcentaje de ácidos húmicos y radioactividad.
- 2- Las aplicaciones industriales en las que se ha centrado el estudio son: adsorción de complejos salinos; aplicación de los carbones húmicos al tratamiento de purinas; obtención de carbones activos a partir de los carbones de Mequinenza; tratamiento de olores industriales con los carbones húmicos y tratamiento de residuos que contienen metales pesados.
- 3- En el campo de los complejos salinos se ha visto que aunque se ha producido la formación de complejos estables de cloruros por parte de los ácidos húmicos, no sería viable para casos de dimensiones como las de Sallent pero se cree que sí que lo serían para casos de menor alcance.
- 4- Los resultados obtenidos hacen ver que algunos carbones de la cuenca de Mequinenza son especialmente propicios para la fabricación de carbón activo.

BIBLIOGRAFIA

ADARO (1976). *Programa de investigación de Radiactivos. Área lignitífera y uranífera de Mequinenza*. Documento en biblioteca nº 10.150, IGME.

ADARO (1978). *Ordenación y valorización Geológico – minera de Aragón para el establecimiento de una sistemática de investigación minera integrada*. Documento en biblioteca nº 10.598, IGME.

ADARO (1980). *Plan Director de la cuenca de Teruel Norte*.

ADARO (1982). *Posibilidades de la zona carbonífera Teruel Norte – Mequinenza*.

Alvarado y Almela (1951). *Estudio de las reservas de lignito de la cuenca de Mequinenza*. Notas y Comunicaciones del IGME. Documento nº 23.

Ann, A. (1945). Agron., V. 15, pàgs. 161 -172.

ENDESA (1985). *Estudio de la Cuenca Carbonífera de Mequinenza*. Madrid.

Romero Ortiz de Villacian, J. (1922). Estudio de la cuenca lignitífera del Ebro y Segre (Zaragoza). *Boletín Oficial de Minas y Metalurgia*, Año VI, nº 58 de marzo, pp. 3-42.

IGME (1987). *Síntesis geológico-minera de los carbones del Noreste Peninsular*. Tomo II, pp. 16-79, 7 planos, 18 figs. ENADIM S.A. Madrid.

Kononova (1966). *Soil organic matter* , Ed. Pergamon Press.

Walkley, A. i Black, A. I. Soil Science, V.37, pàg. 29.